

2022 年 2 月 8 日

第 431 回 核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合

京都大学臨界実験装置 (KUCA)

設置変更承認申請について

【過剰反応度、燃料誤装荷について】

京都大学複合原子力科学研究所

1. 過剰反応度の記載について

12月21日の「第424回 核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合」において、KUCA設置変更承認申請書（以下、申請書）の添付書類十に記載した「運転時の異常な過渡変化」の解析項目の1つである「実験物の異常等による反応度の付加」に関連して、過剰反応度の考え方について「実験物の異常により加わる正の反応度も過剰反応度に加える」ことを京大として了承した。

中島所長の発言：「そのような実験物も含めた、実験物の異常による反応度の添加分も含めたものを過剰反応度と改めて定めれば、あとは多分そんなに大きな齟齬がなくいけるのかなというところで、ちょっと我々の中でもそういったところで了解したところでもあります。」「過剰反応度の考え方については、これで私、合意できたと思っております。」

その後のヒアリングの中で、実験物の異常による正の反応度以外の正の反応度を加えることについて十分な合意が取れていないことがわかり、改めて本文と添付書類八での過剰反応度の記載について検討を行った。

本文の過剰反応度の記載についての変更案は以下の通りである。

5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ハ. 原子炉本体の構造及び設備

(1) 炉心

(iii) 主要な核的制限値

過剰反応度

固体減速炉心 0.35% $\Delta k/k$ 以下

軽水減速炉心 0.5 % $\Delta k/k$ 以下

過剰反応度は、臨界状態の炉心に印加されると想定されるすべての正の反応度を加えた値

また添付書類八の過剰反応度の記載についての変更案は以下の通りである。

8-5 計測制御系統施設の構造及び設備

8-5-4 反応度制御設備

8-5-4-3 反応度制御能力

制御棒の反応度抑制効果 過剰反応度プラス 1% $\Delta k/k$ 以上

なお、過剰反応度は、臨界状態の炉心に印加されると想定されるすべての正の反応度を加えた値とし、温度変化に伴い添加される正の反応度を含める。また、パイルオシレータ及び炉心装荷物（照射物及び軽水減速炉心での挿入管）を用いる場合には、パイルオシレータの使用、照射物の移動、挿入管破損に伴い添加される正の反応度を含める。

2. 燃料の誤装荷が発生しないようにするための対応について

臨界実験装置は炉心の形状を容易に変更することができ、様々な体系の炉心を構築できることが特徴である。燃料の誤装荷を防ぐためのハード的な設備を設けることは難しいため、燃料を規定通り炉心に挿入するような手順書等によるソフト面での対応により燃料誤操作が起これないようにしている。

燃料の取り扱いに関する原子炉施設保安規定とその下部規定である原子炉施設保安指示書の関係箇所を参考1に記載する。(下線部は特に関係する箇所)

炉心構成作業(燃料集合体の作成、炉心配置変更)はKUCA炉心配置変更計画書(KUCA運転指令書の一部)に従って行うことが規定されており、この計画書の作成者は臨界装置部長、確認者は臨界装置主任技術者で、作業は当直運転主任が当直運転員を指揮して実施している。

燃料の誤装荷が発生しないような対応としては以下のようなことが挙げられる。

- ① 作業はKUCA炉心配置変更計画書を確認しながら複数の現場作業員が行う
- ② 燃料集合体作成時に燃料板枚数が正しいことを複数回確認する
- ③ 燃料装荷時に現場作業員と制御室の運転員が連絡を取り合い、声を出して装荷位置を確認しながら作業する
- ④ 炉心横に大きな炉心配置ボードを設置し、燃料装荷作業を行う作業員以外の者が炉心配置ボードを見ながら燃料集合体の装荷作業を確認する
- ⑤ 炉心配置変更作業終了後に燃料集合体の配置が正しいことを複数の現場作業員により確認する

これらの対応により燃料集合体の誤装荷が発生する可能性が極めて低いため、現状、過剰反応度を超える反応度を投入するとして解析を行っている燃料誤装荷に係る解析を、資料1-2に示す通り添付書類十の設計基準事故としての解析は実施しないとする変更を行う。

参考1：原子炉施設保安規定および原子炉施設保安指示書の燃料装荷に関連した箇所

参考2：KUCA運転計画指令書とKUCA炉心配置変更計画指令書の例

(以上)

参考 1

燃料の取り扱いに関する原子炉施設保安規定とその下部規定である原子炉施設保安指示書の関係箇所の記事を以下に示す。(下線部は特に関係する箇所)

1. 原子炉施設保安規定

(燃料集合体等の炉心配置変更計画)

第 6 6 条 臨界装置部長は、燃料集合体を炉心に挿入若しくは取出し、又は炉心内でその位置を変更しようとするときは、あらかじめ K U C A 炉心配置変更計画書を作成し、炉心特性を算定したうえで、臨界装置主任技術者の承認を受けなければならない。

2 臨界装置主任技術者は、前項の承認を与えるに当たり、過剰反応度、燃料要素等の装荷手順及び臨界点確認の時期が適切であること、その他操作手順上の安全を確認する。

3 臨界装置の運転中に、炉心について K U C A 運転計画指令書に記載された実験の範囲内での変更を必要とする場合には、当直運転主任は、臨界装置主任技術者又はその指定した者の承認を得て、これを行うことができる。

(燃料集合体の組立て及び解体)

第 6 7 条 当直運転主任が、当直運転員を指揮して、燃料集合体の組立て及び解体を行う場合、燃料取扱設備に関する点検後、K U C A 炉心配置変更計画書に従って、行わなければならない。

2 実験及び教育並びに訓練運転のため、当直運転主任又は臨界装置主任技術者が指名した者の立会指導のもとに、当直運転員以外の者が燃料集合体の組立て及び解体を行うことができる。

3 臨界装置部長は、前 2 項の作業中又は作業終了後、燃料集合体の構成並びに燃料要素等の数量、外観について点検を行い、異常のないことを確認しなければならない。

(燃料集合体の挿入及び取出し)

第 6 8 条 当直運転主任は、当直運転員を指揮して、燃料集合体の臨界装置燃料室からの移動及び臨界装置燃料室への移動を行う場合は、専用運搬台車により行わなければならない。

2 専用運搬台車には、軽水減速架台用燃料集合体の場合は 5 体あるいは燃料要素 2 4 0 枚を超えて、固体減速架台用燃料集合体の場合は 5 体あるいは燃料要素 5 4 0 枚を超えてのせてはならない。

3 当直運転主任は、当直運転員を指揮して、燃料集合体の炉心への挿入及びその炉心からの取出しを行う場合は、K U C A 炉心配置変更計画指令書に従って行わなければならない。

4 実験及び教育並びに訓練運転のため、当直運転主任又は臨界装置主任技術者が指名した者の立会指導の下に、当直運転員以外の者が燃料集合体の臨界装置燃料室からの移動及び臨界装置燃料室へ

の移動を行うことができる。

5 軽水減速架台用燃料要素のうち彎曲型燃料板については燃料として炉心で用いてはならない。

2. 原子炉施設保安指示書(保安規定の下部規定)

4.2.2.5 KUCA 炉心配置変更計画指令書 (臨-様式-003)

臨界装置部長は炉心操作にあたり、「KUCA 炉心配置変更計画指令書」に必要事項を記入し、臨界装置主任技術者の承認を得る。臨界装置主任技術者は、承認を与えるに当たり、過剰反応度等の主要な核的及び熱的制限値（保安規定の別表第2）を満たしていること、炉心配置その他の制限（保安規定の別表第2の2）を満たしていること、燃料要素等の装荷手順及び臨界点確認時期が適切であること、その他操作手順上の安全を確認した上で「KUCA 運転計画指令書」（臨-様式-002）に確認済みであることを記入すること。

臨界装置主任技術者が行うこれらの確認にあたり、同様の実験が既に安全に実施されており、主要な核的及び熱的制限値（保安規定の別表第2）に記載された各項目（以下、制限項目）に変更が無い場合には既に実施された実験の実施年月日を記載する。制限項目が有意に変更となる可能性がある場合には、既に実施された類似した条件の実験の実施年月日を記載するとともに、変更となる制限項目の変更後の推定値を「KUCA 運転計画指令書」の「7. その他臨界装置主任技術者が必要と認める事項」の欄に記載する。

なお、ここでいう炉心操作とは、燃料集合体、反射体、制御棒及び検出器等を炉心に挿入若しくは取出し、又は炉心内でその位置を変更することをいう。ただし、検査、確認のために燃料集合体等を一時的に取出し若しくは挿入した場合であって、原子炉の起動を行わず元の配置に戻す場合はこの限りでない。

4.2.3 燃料要素及び燃料集合体の取扱い

燃料要素の受払い及びその措置、検査、運搬、仮置き並びに貯蔵その他燃料要素の取扱いについては、核燃料管理室長の管理の下に、臨界装置部長が行うこと。

4.2.3.1 一般的原則及び注意

燃料の取扱いには、以下のことに注意して慎重に行わなければならない。

- (1) いかなる場合にも、臨界に達するおそれがない状態で行わなければならない。
- (2) 燃料要素及び燃料集合体の運搬、移動、組立て及び解体、炉心への挿入及び取出しに関しては「KUCA 運転計画指令書」（臨-様式-002）に従って行う。ただし、検査及び点検等の場合は除く。
- (3) 作業は放送設備、関連した場所の ITV 又はインターホン（所内電話でも可）並びに放射線モニタが動作しているときでなければ行ってはならない。

- (4) 作業者は必ず所定の布製の手袋を着用し、固体減速架台用燃料要素を取り扱う場合にはさらにゴム又はプラスチック製の手袋を着用する。また、必要に応じて作業服又は防塵マスクを着用する。
- (5) 作業中は、必要に応じてデジタル式のポケット線量計を着用するとともに、適時サーベイメータにより、作業場所の線量率の測定を行う。
- (6) 制御室では、制御卓操作員が作業現場を ITV で監視し、また、インターホン等で現場と制御室で相互に連絡を取りながら作業を行わなければならない。
- (7) 作業は原則として複数で行い、相互に安全についての監視を行う。
- (8) 作業者は作業の都度、必要事項を確認し合いながら行う。
- (9) 燃料要素及び燃料集合体の取扱いに関する作業の放射線管理については、京都大学複合原子力科学研究所放射線障害予防規程を準用する。
- (10) 軽水減速架台用燃料要素のうち彎曲型燃料板は燃料として炉心で用いてはならない。
- (11) 燃料要素の貯蔵に従事する者以外の者が貯蔵場所に立ち入る場合は、その貯蔵に従事する者の指示に従うこと。
- (12) 燃料要素及び燃料集合体の取扱いは原則として当直運転員が行うこと。ただし、実験及び教育並びに訓練運転のため、当直運転主任又は臨界装置主任技術者が指名した者の立会指導のもとに、当直運転員以外の者が燃料集合体の組立て及び解体並びに燃料室からの移動、又は燃料室への移動を行うことができる。

4.2.3.4 燃料集合体の組立て、解体及び炉心作業

- (1) 臨界装置部長は作業に先立ち、あらかじめテープを床に貼るなどして、燃料室に組立解体エリアを設定する。
- (2) 作業は燃料取扱設備に関する点検後、KUCA 炉心配置変更計画指令書に従って行う。
- (3) 作業は組立解体エリアにて行い、燃料要素は必ずこのエリア内に入れて作業する。一つの組立解体エリア内には長板燃料の場合、240 枚（彎曲型燃料板については 200 枚）を超えて入れてはならない。角板燃料の場合、540 枚を超えて入れてはならない。
- (4) 作業は組立解体エリア以外で行ってはならない。ただし、軽水減速架台に限り、ダンプ弁「開」の条件の下で、臨界装置主任技術者又はその指定した者の立会の下に燃料要素又は燃料集合体を移動することができる。
- (5) 作業中の空間線量率が、 $20\mu\text{Sv/h}$ を超えるおそれのある場合は、ポケット線量計を装着し放管当直の立会いを求める。
- (6) 燃料集合体の組立て及び解体は、別に定める手順に従って行う。【添付 4.2.3】
- (7) 燃料集合体、減速材、反射材及びその他さや管は、さや管の上下に厚さ 5cm 以上の黒鉛若しくは金属を装填すること。ただし、空さや管あるいは検出器等の挿入孔のある集合体等で設置できない場合を除く。
- (8) 角板燃料、長板燃料及び彎曲型燃料板を 1 つの組立解体エリアに混在させてはいけない。
- (9) 複数のバードケージから取出した彎曲型燃料板を 1 つの組立解体エリア内に入れて取り扱ってはならない。

- (10) 作業中又は作業終了後、燃料集合体の構成並びに燃料要素等の数量、外観について点検を行い、異常のないことを確認すること。
- (11) 作業中、燃料要素又は燃料集合体を変形あるいは破損等させたときは作業を直ちに中止し、当直運転主任は直ちに中央管理室長、核燃料管理室長及び臨界装置主任技術者に連絡し、必要な処置を行う。
- (12) その他の異常又は事故が発生したときは、当直運転主任は直ちに臨界装置主任技術者及び中央管理室長に通報し、必要な処置を行う。

KUCA 運転計画指令書

運転計画指令 C-20001 号 (1/2)

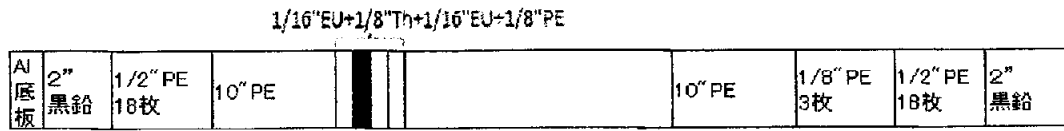
<p style="text-align: center;">下記の通り臨界装置 (KUCA) の運転を計画する。</p> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px; margin-bottom: 10px;">KUCA 運転計画</div> <p style="text-align: right;">臨界装置部長 XXXXXXXXXX 署名</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">運転架台</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; font-size: 2em; font-weight: bold;">B</div>
<p>1. 日 時 <u>2020年 1 月 6 日 (月) 13:30~17:00</u></p> <p>2. 燃料等の配置 <u>KUCA 炉心配置変更計画指令書 C-20002 号による</u></p> <p>3. 最終到達出力 <u>1W 未満</u></p> <p>4. 主な実験 <u>KUCA におけるトリウム装荷炉心の核特性測定 (II) : 臨界近接実験</u> <u>(実験番号 2001)</u></p> <p>5. バイパスの指示 <u>なし</u></p> <p style="margin-left: 20px;">制御棒上限位置 <u>1200 mm</u> 可動オーバーフロー設定位置 <u> mm</u></p> <p style="margin-left: 20px;">安全棒上限位置 <u>1200 mm</u> 毎回可動フロートスイッチ設定位置 <u> mm</u></p> <p style="margin-left: 20px;">最高炉心温度 <u>室温 °C</u></p>	<p>6. 特に必要な監視事項</p> <p>7. その他臨界装置主任技術者が必要と認める事項</p> <p style="margin-left: 20px;">主任技術者による核的制限値等の確認</p> <p style="margin-left: 40px;"><input checked="" type="checkbox"/> 過剰反応度、制御棒反応度 (one rod stuck 含む)</p> <p style="margin-left: 40px;"><input checked="" type="checkbox"/> 他反応度 (ρ_{back}, $\delta\rho_{rod}$, C_{temp}, ρ_{ins})</p> <p style="margin-left: 40px;"><input checked="" type="checkbox"/> U 比率、積算出力、炉心配置 (A,B 架台)</p> <p style="margin-left: 40px;"><input checked="" type="checkbox"/> 中性子発生量 (加速器利用時)</p> <p style="margin-left: 20px;">確認の根拠</p> <p style="margin-left: 40px;"><input checked="" type="checkbox"/> 既知実験 (実施日 <u> </u> 年 <u> </u> 月 <u> </u> 日) に類似</p> <p style="margin-left: 40px;"><input type="checkbox"/> その他 (別紙参照)</p> <p style="text-align: right; margin-right: 20px;">作成者 XXXXXXXXXX</p>
<p>上記の運転計画を承認する。 臨界装置主任技術者 XXXXXXXXXX 署名 ^{1/6}</p>	
<p style="text-align: center;">上記の運転計画に基づき次の通り KUCA の運転を指令する。</p> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px; margin-bottom: 10px;">KUCA 運転指令書</div> <p style="text-align: right;">臨界装置部長 XXXXXXXXXX 署名</p>	
<p>1. 当直運転主任 : XXXXXXXXXX</p> <p>2. 当直運転員 : XXXXXXXXXX</p> <p style="margin-left: 20px;">放射線管理業務を行う者 : XXXXXXXXXX</p> <p>3. 交代時刻 : XXXXXXXXXX</p> <p>4. その他注意事項 : XXXXXXXXXX</p>	

KUCA 炉心配置変更計画指令書

炉心配置変更計画指令 C-20002 号 (2/2)

2020年 1月 6日(月)

別紙



41回繰返し

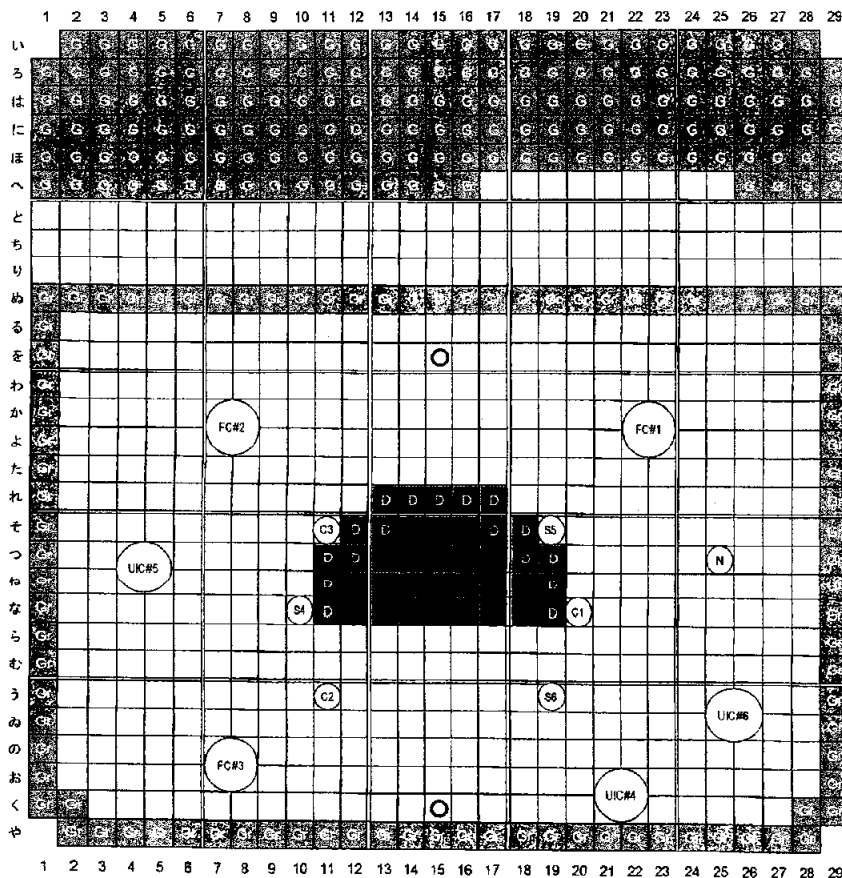
1/8" P41ETE 燃料体

1/16"EU+1/8"p×2枚



50回繰返し

2/8" P50EU 燃料体



作成者
審査者

臨界装置主任技術者

署名